

# 多波長励起蛍光光度計

## Multi-Exciter

### 1. はじめに

海水・湖水中における植物プランクトンの種組成測定は、生態系や環境の保全、赤潮による漁業被害低減を目的として定期的に行われている。たとえば、魚介類養殖が盛んな沿岸海域では、特定の有害種を監視し、増殖傾向が観察されると赤潮警報が発表される。種組成を測定するために有効であり一般的な手段は、光学顕微鏡を用いた観察方法である。しかし、観察結果が観察者の技能に依存し、試料採水から測定完了までに多大な時間を要するため、広い空間を短時間に測定することが困難である。また、短時間測定が可能な現場型装置である市販のクロロフィル蛍光光度計は、すべての植物プランクトンが保有するクロロフィル a (Chlorophyll-a, Chl-a) の蛍光を測定するものであり、全植物プランクトンの現存量を測定できるが、種組成を測定できない。そのため、短時間に広い空間の植物プランクトンの種組成を客観的に測定する現場観測技術の開発が求められていた<sup>1)</sup>。

JFE アドバンテックが開発した多波長励起蛍光光度計(写真1)は、植物プランクトンの蛍光励起スペクトルを測定する水中投入型の現場型計測装置であり、蛍光励起スペクトルを測定することによって、植物プランクトンの種組成を推定することを目的としている。本稿では、多波長励起蛍光光度計の特徴および測定例について紹介する。

### 2. 製品の特長

#### 2.1 製品概要

多波長励起蛍光光度計は、蛍光励起スペクトルセンサーのほかに、深度センサーと水温センサー、濁度センサーを搭載した多項目計測装置である(写真2)。深度測定値は鉛直プロファイル観測に利用できる。また、水温・濁度測定値は蛍光励起スペクトル測定結果の質(温度影響、濁度影響)の確認に利用できる。さらに、生物付着防止のため機械式ワイパーを備えており、数ヶ月にわたる長期観測において安定かつ正確なデータ観測が可能である。

本製品にはメモリータイプと有線タイプがある。測定値を装置の内部に記録するメモリータイプは、長期間の自動観測を実現し、水中ケーブルを用いて通信を行なう有線タイプは、リアルタイム観測や他のプラットフォームへの容易な

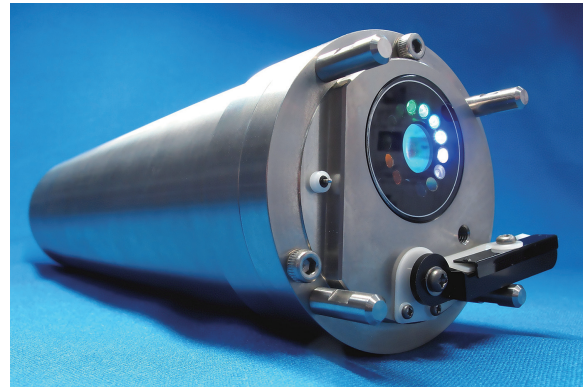


写真1 多波長励起蛍光光度計  
Photo 1 Appearance of Multi-Exciter

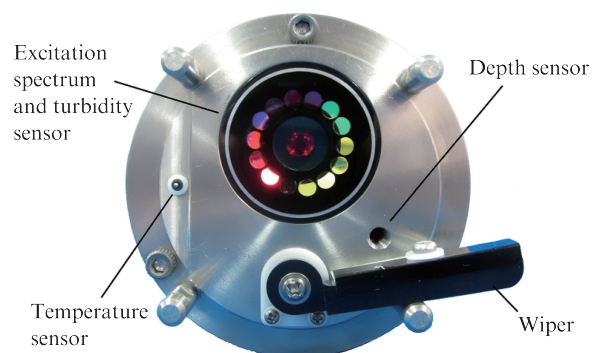


写真2 センサーと生物付着防止ワイパーの配置<sup>5)</sup>  
Photo 2 Arrangement of sensors and biofouling protection wiper<sup>5)</sup>

組込みを実現する。また、測定可能な最大水深は500mであり、幅広い環境と測定形態での観測が可能となっている。

#### 2.2 測定原理

一般に、植物プランクトンの光学特性(吸収スペクトル、蛍光励起スペクトル)は、植物プランクトンに含まれる色素に依存する。また、植物プランクトンは種ごとに異なる色素組成を持つ。したがって、光学特性を測定することにより、色素を間接的に測定し、その結果より植物プランクトン種の推定が可能であることが知られている<sup>2,3)</sup>。

植物プランクトンはクロロフィル a による蛍光が680nm付近に現れる。多波長励起蛍光光度計は、610nmより短波長の複数励起光源によって励起された640nmから1100nmまでの蛍光を検出することで、植物プランクトンの蛍光励起

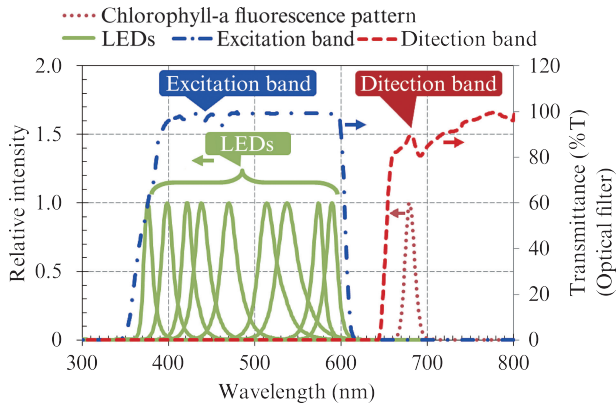


図1 LEDの発光特性と光学フィルタの透過特性<sup>5)</sup>

Fig. 1 Spectral distributions of the nine light emitting diodes (LEDs) and characteristics of the optical filters<sup>5)</sup>

スペクトルを測定する。励起光源は、中心波長の異なる9種類のLED (Light emitting diode) を使用し、各LEDの中心波長は、375, 400, 420, 435, 470, 505, 525, 570, 590 nmである。これらの波長は、植物プランクトンがもつ色素の吸収極大を考慮して選択されている。図1は、各LEDの発光特性と光学フィルタの光学特性、検出するクロロフィルaの蛍光スペクトルを示している。

### 3. 製品性能

#### 3.1 測定感度と濁度影響

植物プランクトン観測は、外洋域や沿岸海域、湖沼、上下水設備などのさまざまな場所で実施されている。したがって、植物プランクトンの密度が非常に低い外洋域と、懸濁物質などによる濁度が高い沿岸海域・湖沼に対応する必要がある。この両方の課題に対応するため、多波長励起蛍光光度計は、クロロフィルa濃度0.1  $\mu\text{g}/\text{l}$ 以下の高感度性能と、濁度109 FTU (Formazin turbidity unit) における誤検出が0.6%以下という濁度影響が少ない性能を有している<sup>4,5)</sup>。

#### 3.2 測定例

多波長励起蛍光光度計で測定された単一種の植物プランクトンの蛍光励起スペクトルは、各植物プランクトン種において特徴的なスペクトルの形状を示す<sup>4,5)</sup>。この形状の違いを利用し、重回帰分析などの手法により、種組成の推定が可能である<sup>4,5)</sup>。図2は、沿岸海域において鉛直方向に連続測定し、その測定結果を珪藻 (Diatoms)、緑藻 (Green algae)、藍藻 (Cyanobacteria) について種組成推定した結果の例である。

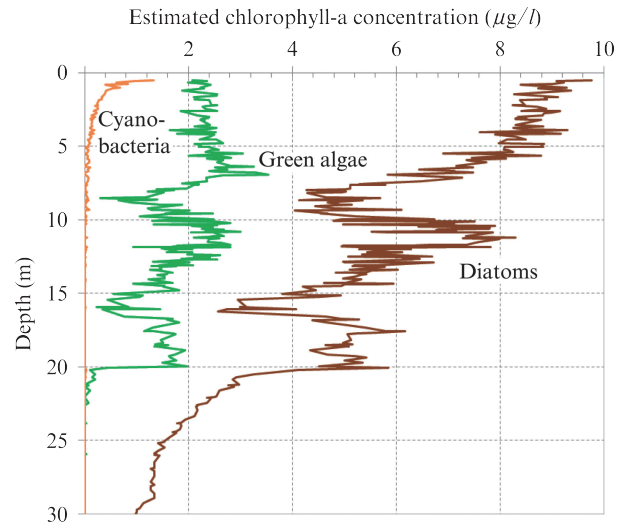


図2 沿岸海域での鉛直種分布推定例

Fig. 2 Example of estimated vertical class distribution in a coastal region

## 4. おわりに

多波長励起蛍光光度計は、植物プランクトンが保有する色素組成に依存した蛍光励起スペクトルを、水中で短時間に広範囲を測定することができる計測装置である。そして、測定された蛍光励起スペクトルは、重回帰分析などにより種組成推定に応用が可能である。また、本装置は、高感度性能によって、植物プランクトン密度が希薄な外洋域での使用を可能にしたことと、濁度影響が少ないという性能によって、濁度が比較的高い沿岸海域や湖沼での測定を可能にしたことに特徴がある。これにより、幅広い用途、環境での植物プランクトン種組成測定に貢献することができる。

#### 参考文献

- 1) Cullen, John J. et al. Optical detection and assessment of algal blooms. *Limnology and Oceanography*. 1997, vol. 42, no. 5, part 2, p. 1223-1239.
- 2) Yentsch, Charles S.; Yentsch, Clarice M. Fluorescence spectral signatures: the characterization of phytoplankton populations by the use of excitation and emission spectra. *J. Mar. Res.* 1979, vol. 37, p. 471-483.
- 3) Yentsch, C. S.; Phinney, D. A. Spectral fluorescence: an ataxonomic tool for studying the structure of phytoplankton populations. *J. Plankton Res.* 1985, vol. 7, no. 5, p. 617-632.
- 4) Yoshida, M.; Horiuchi, T.; Nagasawa, Y. In situ multi-excitation chlorophyll fluorometer for phytoplankton measurements: technologies and applications beyond conventional fluorometers. *Proceedings of the OCEANS 2011 MTS/IEEE KONA Conference & Exhibition*.
- 5) 吉田光男, 長澤泰宏. 環境システム計測制御学会誌. 2012, vol. 17, no. 2 & 3, p. 177-179.

#### 〈問い合わせ先〉

JFE アドバンテック 海洋・河川事業部  
 TEL: 0798-66-1783 FAX: 0798-66-1654  
 ホームページ: <http://www.jfe-advantech.co.jp>